

KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: 1020010076760 A  
(43)Date of publication of application: 16.08.2001

(21)Application number: 1020000004115  
(22)Date of filing: 28.01.2000  
(30)Priority: ..

(71)Applicant: KOREA ELECTRONICS &amp; TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE  
(72)Inventor: KANG, YANG GI  
KYUNG, MUN GEON  
PARK, HYEONG GEUN

(51)Int. Cl. H04B 7/005

(54) APPARATUS FOR CORRECTING ERROR OF ARRAY TRANSMITTING/RECEIVING UNIT AND METHOD THEREOF

(57) Abstract:

PURPOSE: An apparatus for correcting error of an array transmitting/receiving unit and a method thereof are provided to reduce the error of the array transmitting/receiving unit by measuring the characteristic of the transfer function between the channels of the array transmitting/receiving unit and by correcting it in a base band. CONSTITUTION: In an array receiving unit, an I/Q(in-phase/quadrature phase) demodulator(123) multiplies the receiving signal of an IF (intermediate frequency) band by a sine wave having the phase difference of 90 degree to convert a base band signal. In an array-transmitting unit, an I/Q modulator(127) multiplies an I-channel and a Q-channel by a sine wave having the phase difference of 90 degree, and generates the added signal.

COPYRIGHT 2001 KIPO

Legal Status

Date of request for an examination (20000128)  
Notification date of refusal decision ( )  
Final disposal of an application (registration)  
Date of final disposal of an application (20020926)  
Patent registration number (1003662930000)  
Date of registration (20021213)  
Number of opposition against the grant of a patent ( )  
Date of opposition against the grant of a patent ( )  
Number of trial against decision to refuse ( )  
Date of requesting trial against decision to refuse ( )  
Date of extinction of right ( )

(19) 대한민국특허청 (KR)  
(12) 공개특허공보 (A)

(51) 。 Int. Cl. 7  
H04B 7/005

(11) 공개번호 특2001 - 0076760  
(43) 공개일자 2001년08월16일

(21) 출원번호 10 - 2000 - 0004115  
(22) 출원일자 2000년01월28일

(71) 출원인 한국전자통신연구원  
오길록  
대전 유성구 가정동 161번지

(72) 발명자 박형근  
대전광역시서구원평3동312번지전원아파트101동906호  
경문건  
대전광역시유성구신성동대림두레아파트108 - 1404  
강양기  
대전광역시유성구신성동두레아파트110 - 1108

(74) 대리인 전영일

심사청구 : 있음

(54) 배열 송수신부의 오차 보정장치 및 방법

요약

본 발명은 적응형 배열 안테나를 이용하는 이동통신 기저국시스템, 위성 통신시스템, 그리고 위성 배열 레이다와 같이 송수신용 다중 RF 채널을 이용하는 시스템에서 각 채널의 I/Q 오차와 채널 간 전달함수 변화를 측정하고 보정하는 방법과 장치에 관한 것이다. 사용자가 원하는 안테나 빔 패턴을 형성하기 위하여, 다중 채널시스템에서 각 채널의 전달함수를 동일하게 해주어야 한다. 본 발명에서는 온도와 시간에 따라 변하는 다중 채널의 오차를, 각 송수신 채널에 기준신호를 주입시켜 채널을 거친 데이터를 측정, 분석함으로써, 기저대역에서 디지털로 보정하는 방법을 제시한다.

이러한 본 발명의 오차 보정장치는, 기준신호 발생수단과; 각 채널에서의 I/Q 오차와 전달함수 오차를 보정하기 위하여 오차보정계수를 추정하는 오차보정계수 추정수단; 상기 오차보정계수를 이용하여 각 채널에 대한 I/Q 오차를 보정하는 I/Q 오차 보정수단; 및 전달함수 오차를 보정하는 전달함수 오차 보정수단을 포함한다.

대표도  
도 1

## 명세서

## 도면의 간단한 설명

- 도 1은 배열 안테나와 배열 송수신부 및 본 발명의 한 실시예에 따른 오차 보정장치를 도시한 블록도,  
 도 2는 수신부의 I/Q오차를 제거하는 장치를 도시한 구성도,  
 도 3은 송신부의 I/Q오차를 제거하는 장치를 도시한 구성도,  
 도 4는 배열 안테나의 전달함수와 연계하여 수신부의 전달함수 오차를 측정하고 제거하는 장치를 도시한 블록도,  
 도 5는 배열 안테나의 전달함수와 연계하여 송신부의 전달함수 오차를 측정하고 제거하는 장치를 도시한 블록도이다.

## 발명의 상세한 설명

## 발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 적응 배열 안테나를 이용하는 이동통신 기지국시스템, 위성 통신시스템, 그리고 위상 배열 레이더와 같이 송수신용 다중 RF 채널을 이용하는 시스템에서, 각 채널의 I/Q 오차와 채널간 전달함수 변화를 측정하고 보정하는 장치와 방법에 관한 것이다. 본 발명은 적응 배열 안테나를 이용하는 이동통신 기지국시스템, 위성 통신시스템, 그리고 위상 배열 레이더시스템, 방향 탐지시스템과 같이 다중 RF채널을 이용하는 시스템에서, 각 채널의 전달함수를 동일하게 하여 사용자가 원하는 안테나 빔 패턴을 형성하는 데 필요하다. 그리고 I/Q 오차를 제거하는 기법은 위상 측정을 요하는 계측시스템, 통신시스템, 그리고 코히어런트 레이더시스템에서 하드웨어의 오차를 보정해주는 중요한 기술이다.

적용 배열 안테나 혹은 송수신용 다중 RF 채널을 이용하는 시스템에서, 배열 송수신부의 채널간 전달함수 변화를 측정하는 종래의 기법으로, 방향 탐지 시스템에서는 미리 알고있는 특정 각도에서 신호를 송신하고 수신하여 그 데이터를 분석하여 알아내는 기법을 이용한다. 그러나, 이 기법은 측정 시간이 많이 걸리고 배열 송신부에는 적용하기 힘들다.

또한, 위상 배열 안테나시스템에서는 특정 채널의 위상을 변화시켜 추출한 신호와 다른 채널에서 추출한 신호를 합한 신호를 혼합하여 기저대역으로 변환한 신호를 분석하여 송신 채널간 전달함수 변화를 알아내는 방법을 사용한다. 그러나, 이 기법은 각 채널 신호에 대하여 커플러를 이용하여 샘플한 뒤 그들을 합한 신호를 추출하고 기존 신호와 혼합된 신호를 분석하여 각 채널의 위상 오차를 측정하는 것으로, 구성이 비교적 간단하지만 측정 시간이 오래 걸리고 I/Q오차와 채널 간 전달함수의 크기 변화를 측정 및 보정할 수 없다는 단점이 있다.

수신단의 I/Q오차를 측정, 제거하는 기법으로는 단일 주파수 성분을 가지는 기준 신호를 RF대역에서 주입시키고 기저대역으로 변환하여 샘플링한 데이터를 주파수 영역에서 분석하여 오차를 측정하고 시간 영역에서 디지털로 제거하는 방법이 있다. 이와 유사한 기법으로 I/Q오차의 주파수에 따른 변화를 고려하여 측정한 오차를 주파수 영역에서 디지털로 제거하는 기법이 있다. 그러나, 이는 수신단의 오차 보정에 국한되어 있다.

송신단의 I/Q오차를 측정, 제거하는 기법으로는 벡터 네트워크 분석기를 이용하는 방법과 I/Q변조기에 신호의 크기와 위상을 조절하는 회로를 부착하여 스펙트럼 분석기에 나타나는 I/Q 변조된 신호의 스펙트럼을 관찰하면서 I/Q채널의 크기와 위상을 조절하는 방법이 있다. 그러나 이 기법은 자동화가 힘들어 대량생산에 적합하지 못하다는 문제점이 있다.

## 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명은 상기와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 배열 송수신부와 배열 안테나를 이용하여 빔형성을 하는 시스템에서 송수신부의 채널간 전달함수 변화 및 각 채널의 I/Q오차를 측정하고 기저대역에서 보정하는 방법을 제공하기 위한 것이다. 특히, 배열 송신부의 I/Q오차와 전달함수 오차를 단일 주파수 성분을 가지는 기준 신호를 이용하여 측정하고 보정하는 기법과 단일 채널 수신부의 I/Q오차를 제거하는 알고리즘을 확장하여 배열 수신부의 전달함수 오차를 측정하고 제거하는 방법을 제공하기 위한 것이다.

## 발명의 구성 및 작용

상기한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 배열 수신부의 오차 보정장치는 기준신호 발생수단과; 각 채널에서의 I/Q오차와 전달함수를 추정하는 오차보정계수 추정수단; 상기 I/Q오차를 보정하는 I/Q오차 보정수단; 및 상기 전달함수 오차를 보정하는 전달함수 오차 보정수단을 포함한 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명의 배열 송신부의 오차 보정장치는, 기저대역 송신 기준신호를 발생하는 기준신호 발생수단과; 상기 고주파 송신 기준신호의 크기 및 위상특성을 측정하기 위하여 기저대역으로 변환하는 오차 보정용 주파수 하향변환수단; 각 채널에서의 I/Q오차 보정계수 및 전달함수 오차 보정계수를 추정하는 오차보정계수 추정수단; 상기 I/Q오차를 보정하는 I/Q오차 보정수단; 및 상기 전달함수 오차를 보정하는 전달함수 오차 보정수단을 포함한 것을 특징으로 한다.

즉, 본 발명에서는 종전의 단일 채널 수신기의 I/Q오차를 보정하는 기법을 확장하여 배열 수신기의 채널 간 전달함수 오차를 보정 가능하도록 한다. 그리고, 배열 송신부의 I/Q오차와 채널 간 전달함수 오차를 제거하기 위한 방법으로 기저대역에서 기준 신호를 입력하여 RF대역으로 변환한 후, 커플러와 스위치를 이용하여 각 채널 신호를 샘플링하고 이를 다시 오차 보정용 하향변환기로 하향 변환한 후 측정 데이터를 분석하여 오차를 추정하고 보정하는 방법을 제시한다.

이하, 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명의 한 실시예에 따른 "배열 송수신부의 오차 보정장치 및 방법"을 보다 상세하게 설명하면 다음과 같다.

도 1은 배열 송수신부와 배열 안테나(101)와 본 발명의 한 실시예에 따른 오차 보정장치를 도시한 블록도이다. 도면에서는 듀플렉서(108)를 사용하여 동일한 안테나를 송수신용으로 동시에 사용하는 시스템을 예시하였지만, 본 발명은 송수신용으로 다른 안테나를 사용하는 경우에도 적용 가능하다. 배열 수신부의 I/Q 복조기(123)는 IF대역 수신신호에 90도의 위상차를 가지는 사인파를 곱하여 기저대역으로 변환하는 장치이고, 배열 송신부의 I/Q 변조기(127)는 기저대역 I/Q 채널을 90도의 위상차를 가지는 사인파를 곱한 후 더한 신호를 발생시키는 장치이다.

수신부 오차 보정은 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, RF 대역에서 사인파를 발생시키는 기준신호 발생기(104), 발생된 기준 신호를 각 채널로 분배하는 전력 분배기(102), 기준 신호를 수신 채널로 주입하기 위한 커플러(106), 수신부 오차 보정 계수 추정기(130), 수신기 I/Q오차 보정기(122), 그리고 전달함수 오차 보정기(121)에 의해 이루어진다. 기준 신호 발생기(104)는 RF대역에서 사인파를 생성하고 그 주파수는 배열 수신기를 이용하여 기저대역으로 변환하였을 때 DC가 아닌 특정 주파수 값을 지니는 사인파가 되도록 설정한다. 전력 분배기(102)는 기준 신호를 각 채널로 분배하기 위한 것으로 백트 네트워크 분석기를 이용한 측정으로 그 전달특성을 미리 알고 있음을 전제로 한다. 수신단의 I/Q 오차 보정기(122)는 실제 측정된 I/Q 데이터에 시간 영역에서 오차 보정 계수를 곱하는 기능을 수행하고, 전달함수 오차 보정기(121)는 전달함수 추정값과 실제 측정 데이터의 I, Q값에 대하여 복소수 곱을 한다. 수신단 오차 보정 계수 추정기(130)는 각 채널에서 사용하는 I/Q 복조기(123)의 DC 오프셋(Offset), 크기 및 위상 불균형 오차, 그리고 전달함수값을 추정한다.

수신단에서의 오차 보정과정을 보다 상세하게 살펴보면, 아래와 같다. 먼저, 수신단의 I/Q 채널은 수학적 식 1과 같이 모델링된다.

수학적 식 1

$$\begin{aligned} I_{r,i} &= A_i(1+\varepsilon_i)\cos(\omega_i t + \phi_i) + a_i \\ Q_{r,i} &= A_i \sin(\omega_i t + \phi_i + \theta_{r,i}) + b_i \\ A_i e^{j\phi_i} &: \text{수신부 전달특성} \\ \varepsilon_i, \theta_{r,i} &: I/Q \text{ 채널의 크기 및 위상오차} \end{aligned}$$

위의 식에서  $a_i, b_i$ 는 I/Q 채널에서의 DC 오프셋이다. 이러한 오차는 각 채널 데이터의 평균을 취하여 얻어낸 다음 수신 데이터에서 빼는데, 이를 수식으로 표현하면 수학적 식 2와 같다.

수학적 식 2

$$\begin{aligned} I_{r,i} &= I_{r,i} - a_i = A_i(1+\varepsilon_i)\cos(\omega_i t + \phi_i) \\ Q_{r,i} &= Q_{r,i} - b_i = A_i \sin(\omega_i t + \phi_i + \theta_{r,i}) \end{aligned}$$

수학적 식 2에서 구해지는  $I_{r,i}, Q_{r,i}$ 를 수학적 식 3과 같이 변환하면, 최종적으로 I/Q 채널에서의 데이터는 각각  $I_{r,i}, Q_{r,i}$ 이 된다.

수학적 식 3

$$\begin{bmatrix} I_{r,i} \\ Q_{r,i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{r,i} & 0 \\ P_{r,i} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{r,i} \\ Q_{r,i} \end{bmatrix}, \quad E_{r,i} = \frac{\cos(\theta_{r,i})}{1+\varepsilon_i}, \quad P_{r,i} = \frac{-\sin(\theta_{r,i})}{1+\varepsilon_i}$$

위의 수학적 식 3의 I/Q 채널에서의 데이터  $I_{r,i}, Q_{r,i}$ 를 수학적 식 4와 같이 변환하면,  $I_{r,i}, Q_{r,i}$ 은 크기가 동일하고 위상이 90도의 차이가 나는 것을 알 수 있다.

수학적 식 4

$$\begin{aligned} I_{r,i} &= A_i \cos(\theta_{r,i}) \cos(\omega_i t + \phi_i) \\ Q_{r,i} &= A_i \cos(\theta_{r,i}) \sin(\omega_i t + \phi_i) \end{aligned}$$

위의 수학적 식 3에서 오차 보정 계수 ( $E_{r,i}, P_{r,i}$ )는 이산푸리에변환법(DFT)을 이용하여 구할 수 있다. 즉, 수학적 식 2의 데이터를 복소수로 결합한 후 푸리에 변환을 하여  $\omega_1$ 과  $-\omega_1$ 의 성분을 수학적 식 5에 적용하여,  $X_{I1}(\omega_1)$ 과  $X_{I1}(-\omega_1)$ 을 구한다.

수학적 식 5

$$X_i = FFT[I_{r,i} + jQ_{r,i}]$$

도 2에서 수신채널의 I/Q오차를 제거할 때 필요한 오차 보정 계수 ( $E_{r,i}, P_{r,i}$ )는 수학적 식 6과 같다.

수학적 식 6

$$\begin{aligned} E_{r,i} &= -\text{Re} \left\{ \frac{2X_i(-\omega_1)}{X_i^*(\omega_1) + X_i(-\omega_1)} \right\} + 1 \\ P_{r,i} &= -\text{Im} \left\{ \frac{2X_i(-\omega_1)}{X_i^*(\omega_1) + X_i(-\omega_1)} \right\} \end{aligned}$$

위의 수학적 식 6의 계수를 이용하여 I/Q오차를 제거한 후의 기준 신호 측정값은 수학적 식 7과 같다.

수학적 식 7

$$\begin{aligned} x_i &= f_i + jQ_i \\ &= A_i e^{j\theta_i} \cos(\theta_{\text{ref}}) e^{j\omega t} + n_i(t) \end{aligned}$$

수학적 식 7의 측정된 기준 신호를 바탕으로 전달함수  $A_i e^{j\theta_i}$  추정을 위한 방법으로, 고유벡터를 이용하는 방법과 DFT를 이용하는 방법이 있다. 고유벡터를 이용한 방법은 각 채널 데이터 벡터를 수학적 식 8과 같이 조합하여 행렬을 만들고, 이 행렬의 공분산 행렬을 구한 후 가장 큰 고유값에 해당하는 고유벡터를 전달함수 추정값으로 채택한다.

수학적 식 8

$$X = [x_1^T \ x_2^T \ \dots \ x_L^T]$$

그리고 DFT를 이용한 방법은 각 채널의 측정 데이터  $x_i$ 에서  $\omega_{11}$ 의 주파수 성분을 DFT로 얻어내어 이를 전달함수 추정값으로 채택한다.

이렇게 추정된 전달함수는 도 4에서 알 수 있는 것처럼 실제 신호가 안테나를 통하여 유입되는 경로가 아니므로 실제 측정 신호에 적용시키기 위해서 수학적 식 9와 같이 교정한다.

수학적 식 9

$$\begin{aligned} \hat{A}_i e^{j\hat{\theta}_i} &= H_{i,1} \cdot H_{i,sp} \\ H_{i,sp} &= \hat{A}_i e^{j\hat{\theta}_i} \frac{H_{i,1}}{H_{i,sp}} \end{aligned}$$

위의 수학적 식 9에서  $\hat{A}_i e^{j\hat{\theta}_i}$ 는 고유벡터 혹은 DFT를 이용하여 구한 1번째 채널의 전달함수 추정값이고,  $H_{i,1}$ ,  $H_{i,sp}$ ,  $H_{i,sp,i}$ 는 도 4에서 알 수 있는 것처럼 커플러(106)를 포함한 전력 분배기(102)의 전달 특성을 나타내는 것으로, 안테나 측정 장비 혹은 네트워크 분석기를 이용하여 측정한다. 각 채널의 I/Q오차와 전달 함수 오차는 수신단 I/Q 오차 보정기(122)와 전달함수 오차 보정기(121)를 이용하여 각각 보정한다.

송신기의 오차 보정은 기저대역에서 I/Q신호를 입력했을 때 각 송신기에서 RF출력의 크기 및 위상 특성을 알아내고 이를 이용하여 최종 안테나 단에서 채널 간 크기 및 위상이 동일하도록 하는 것이 목적이다. RF대역 신호의 크기 및 위상 특성을 측정하기 위해서는 다시 기저대역으로 변환해야 한다. 본 발명에서는 기저대역 변환을 위하여 도 1 내지 도 5에 도시된 바와 같이 오차 보정용 하향 변환기(110)를 사용한다. 도 5는 배열 안테나의 전달함수와 연계하여 송신부의 전달함수 오차를 측정, 제거하는 장치를 도시한 도면이다. 배열 송신부 오차 보정시스템은 롬(ROM)(19)에 저장된 사인파를 발생시키는 기준 신호 발생기와, RF대역으로 상향 변환된 기준 신호를 추출하는 커플러(105), 여러 개의 채널 중 한 채널을 선택하여 오차 보정용 하향 변환기(110)로 신호를 주입하는 스위치 전력 결합기(103), 그리고 오차 보정용 하향 변환기(110)의 I/Q오차를 제거하기 위한 주파수 합성기(104)로 구성된다. 오차 보정시 송신부의 캐리어 주파수와 오차 보정용 하향 변환기(110)의 캐리어 주파수 값은 동일해야 한다.

아래에서는, 송신단 각 채널의 I/Q 오차 보정을 위한 모델을 제시한다. 도 5에서 송신단의 IF 대역신호는 수학적 식 10과 같다.

수학식 10

$$V_{c1} = (1 + \varepsilon_1) \cos(\omega_1 t) + \zeta_1 \sin(\omega_1 t + \theta_{c1})$$

위의 수학식 10에서,  $\varepsilon_{11}$ 와  $\varphi_{c1}$ 는 1번째 채널에 대한 I/Q 변조기의 크기 및 위상 오차 성분이다. 위의 수학식 10은 만약 아래의 수학식 11과 같은 선형변환을 거치면, 기저대역 신호인  $I_{c1}$ ,  $Q_{c1}$ 에 대하여 I/Q오차가 없다. 도 3은 송신부의 I/Q 오차를 제거하기 위하여 수학식 11과 같은 선형변환을 수행하는 송신단 I/Q오차 보정기(126)를 도시한 도면이다.

수학식 11

$$\begin{bmatrix} I'_{c1} \\ Q'_{c1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_{c1})/(1+\varepsilon_1) & -\sin(\theta_{c1})/(1+\varepsilon_1) \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{c1} \\ Q_{c1} \end{bmatrix}$$

여기서, 오차 보정 계수를 구하는 방법은 수신단의 경우와 유사하지만 송신단에서는 I/Q 오차로 인하여 기저대역에서 단일 주파수 성분의 신호를 인가하여도 두 가지 주파수 성분이 나타나고, 각 주파수에 대한 RF 상향 변환기(128)의 특성이 다르므로 두 번의 측정을 해야 한다는 차이점이 있다. 먼저, 송신단의 I/Q 채널에 각각  $\cos(\omega t + \varphi_{s1})$ ,  $\sin(\omega t + \varphi_{s1})$ 를 인가한다.  $\varphi_{s1}$ 는 송신부와 오차 보정용 하향 변환기(107)의 동기를 맞추어 채널 그리고 측정 시간에 관계없이 항상 일정한 값이 되도록 한다. I/Q 채널 데이터를 수학식 11과 같은 오차 보정없이 그대로 IF대역으로 변조하면 송신단 IF 대역 신호는 수학식 12와 같다.

수학식 12

$$V_{c1} = (1 + \varepsilon_1) \cos(\omega_1 t) \cos(\omega t + \theta_1) + \sin(\omega_1 t + \theta_{c1}) \sin(\omega t + \theta_1)$$

위의 수학식 12의 신호에는 I/Q 채널의 오차로 인하여 송신단 IF 대역신호에  $\omega_{L1} + \omega$ 와  $\omega_{L1} - \omega$ 의 두 가지 주파수 성분이 있다. 수학식 13은 수학식 12의 신호가 송신부의 RF 상향 변환기(128)와 오차 보정용 하향 변환기(110)를 통과한 후의 신호를 나타낸다. 이러한 모듈의 전달함수는 주파수에 따라 차이가 있으므로  $\omega_{L1} + \omega$  주파수와  $\omega_{L1} - \omega$  주파수에 대한 시스템 전달함수는 각각  $A_1 e^{j\theta_1}$ ,  $A_2 e^{j\theta_2}$ 라고 가정한다.

수학식 13

$$V_{c1} = \frac{1+\varepsilon_1}{2} A_1' \cos[(\omega_1 + \omega)t + \theta_1 + \theta_1'] + \frac{1+\varepsilon_1}{2} A_2' \cos[(\omega_1 - \omega)t - \theta_1 + \theta_2'] \\ - \frac{\varepsilon_1}{2} A_1' \cos[(\omega_1 + \omega)t + \theta_{c1} + \theta_1'] + \frac{\varepsilon_1}{2} A_2' \cos[(\omega_1 - \omega)t - \theta_{c1} - \theta_2']$$

위의 수학식 13의 신호가 오차 보정용 하향 변환기(110) 내의 I/Q 복조기(112)를 통과한 후 저역통과 필터링된 I, Q 채널신호를 각각  $I_{c1}$ ,  $Q_{c1}$ 라고 표시한다. 측정된 I, Q 두 채널신호를 복소수로 결합한 후, 푸리에 변환을 통하여 주파수영역으로 변환하면 최종적으로 수학식 14와 같은 데이터를 얻게 된다.

수학식 14

$$X(\omega') = FT\{I_{c1} + jQ_{c1}\} \\ = \frac{A_1'}{2} e^{j(\theta_1 - \theta_2)} (1 + \varepsilon_1 - \varepsilon_1 e^{-j\theta_{c1}}) \delta(\omega' + \omega) + \frac{A_2'}{2} e^{j(\theta_2 - \theta_1)} (1 + \varepsilon_1 + \varepsilon_1 e^{-j\theta_{c1}}) \delta(\omega' - \omega)$$

위의 수학적식 14에서 I/Q 오차 보정 계수 및 전달함수 추정값을 구하기 위하여 a의 값을 변화시켜 두 개의 서로 다른 기준 신호에 대한 송신부의 출력값을 분석한다. 위 과정을 송신단의 계수 a를 바꾸면서 두 번의 측정을 수행하여 각각의 경우에 대하여 양의 주파수 성분과 음의 주파수 성분을 구하고, 수학적식 16과 같은 연산을 통하여 송신단 오차 보정 계수를 구한다.  $X_c'(w)$ 와  $X_c''(w)$ 는 각각  $a = c$ 인 경우 측정 데이터의 양의 주파수 성분과 음의 주파수 성분을 의미하고,  $X_c'(w)$ 와  $X_c''(w)$ 는 각각  $a = -c$ 인 경우 측정 데이터의 양의 주파수 성분과 음의 주파수 성분을 의미한다고 가정하면, 송신단 오차 보정 계수는 수학적식 15와 같이 표현된다.

수학적식 15

$$\left\{ \begin{aligned} \hat{E}_{12} &= \frac{\cos(\theta_{12})}{1+\epsilon} + \frac{1}{c} \left[ -\operatorname{Re} \left[ \frac{2X_c'(w)}{X_c'(w)+X_c''(w)} \right] + 1 \right] \\ \hat{E}_{13} &= \frac{\sin(\theta_{12})}{1+\epsilon} + \frac{1}{c} \left[ \operatorname{Im} \left[ \frac{2X_c'(w)}{X_c'(w)+X_c''(w)} \right] \right] \end{aligned} \right\}$$

기준 신호 발생시 c는 I 채널과 Q 채널 신호의 크기를 다르게 하여 수학적식 14에서 이미지 성분값이 잡음에 비하여 큰 값을 가지도록 한다. 수학적식 14와 수학적식 15를 이용하여 계산한 시스템 전달 함수 추정값은 수학적식 16과 같이 표현된다.

수학적식 16

$$\hat{X}_c'e^{i\hat{\theta}_{12}-\hat{\theta}_{13}} = \cos \left[ \frac{2X_c'(w) \sqrt{\hat{E}_{12}^2 + \hat{E}_{13}^2}}{\hat{E}_{12} - i(\hat{E}_{13} - \beta_{12})} \right]$$

여기에서 "conj"는 conjugate를 의미한다. 위의 수학적식 16의 전달함수 추정값은 도 5에서 알 수 있는 것처럼 커플러(105), 스위치 전력 분배기(103), 그리고 오차 보정용 하향 변환기(110)를 통과한 값이다. 따라서, 실제 안테나를 통하여 송신하는 시스템의 전달함수를 구하기 위해서 수학적식 17과 같은 연산 과정을 거쳐야 한다.

수학적식 17

$$\begin{aligned} \hat{X}_c'e^{i\hat{\theta}_{12}-\hat{\theta}_{13}} &= H_{12} H_{13} H_{14} H_{15} \\ H_{12} &= \hat{X}_c'e^{i\hat{\theta}_{12}-\hat{\theta}_{13}} \frac{H_{1234}}{H_{134}} \end{aligned}$$

여기서, 전달함수 오차는 송신단 전달함수 오차보정기(125)에서 송신하고자 하는 I, Q 채널 신호와 송신단 오차 보정 계수 추정기(114)에서 출력된 값의 역을 복소수로 곱하여 보정한다.

위에서 양호한 실시예에 근거하여 이 발명을 설명하였지만, 이러한 실시예는 이 발명을 제한하려는 것이 아니라 예시하려는 것이다. 이 발명이 속하는 분야의 숙련자에게는 이 발명의 기술사상을 벗어남이 없이 위 실시예에 대한 다양한 변화나 변경 또는 조절이 가능함이 자명할 것이다. 그러므로, 이 발명의 보호범위는 첨부된 청구범위에 의해서만 한정될 것이며, 위와 같은 변화예나 변경예 또는 조절예를 모두 포함하는 것으로 해석되어야 할 것이다.

#### 발명의 효과

이상과 같이 본 발명에 의하면, 베열 송신부의 채널간 전달함수 특성 변화를 측정하고 이를 기저대역에서 디지털로 보정하는 기법을 제시한 것으로서, 다중 채널을 이용하는 통신시스템이나 레이더 시스템에 응용할 수 있다. 또한, 적응 베열 안테나를 이용하는 기저국 시스템에서는 순방향 링크 안테나 패턴을 역방향 링크 안테나 패턴과 동일하게 하기 위하여 송신시스템의 전달함수 성분을 제거하는 데 이용할 수 있다. 그리고, 위상 베열 안테나시스템의 오차 보정에도 이용할 수 있다. 본 발명의 단일 채널 송신부의 I/Q 오차 보정은 I/Q 변조기를 이용하는 시스템 전반에 사용 가능하며

시스템 오차를 줄일 수 있는 효과가 있다.

#### (57) 청구의 범위

##### 청구항 1.

각 채널에 대한 기저대역 기준신호를 분석하여  $I/Q$  오차보정계수와 전달함수 오차보정계수를 얻는 오차보정계수 추정 수단;

상기 오차보정계수를 이용하여 각 채널 데이터의  $I/Q$  오차를 보정하는  $I/Q$  오차 보정수단; 및

상기  $I/Q$  오차가 보정된 각 채널 데이터와 상기 전달함수 추정 값을 이용하여 전달함수 오차를 보정하는 전달함수 오차 보정수단을 포함한 것을 특징으로 하는 배열 수신부의 오차 보정장치.

##### 청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 전달함수 추정수단은,  $I/Q$  오차가 보정된 각 채널에 대한 기준신호 측정 데이터의 공분산 행렬을 구하고, 상기 공분산 행렬의 가장 큰 고유값에 해당하는 고유벡터를 전달함수 추정값으로 채택하는 것을 특징으로 하는 배열 수신부의 오차 보정장치.

##### 청구항 3.

제 1 항에 있어서, 상기 전달함수 추정수단은,  $I/Q$  오차가 보정된 각 채널에 대한 기준신호 측정 데이터를 이산푸리에 변환하여 상기 기준신호의 주파수성분에 해당하는 계수를 상기 각 채널에 대해 구하고, 상기 각 채널의 계수의 상대적인 비율 전달함수 추정값으로 채택하는 것을 특징으로 하는 배열 수신부의 오차 보정장치.

##### 청구항 4.

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서, 상기 추정된 전달함수를 실제 배열 안테나를 통하여 수신한 데이터에 적합하도록 교정하는 것을 특징으로 하는 배열 수신부의 오차 보정 장치.

##### 청구항 5.

제 1 항에 있어서, 상기 전달함수 오차 보정수단은  $I/Q$  오차가 보정된  $I, Q$  채널신호와 상기 전달함수의 역수를 복소수 곱하여, 전달함수 오차를 보정하는 것을 특징으로 하는 배열 수신부의 오차 보정장치.

##### 청구항 6.

상기 기저대역 기준신호를 분석하여  $I/Q$  오차와 전달함수 오차를 추정하는 오차보정계수 추정단계;

상기 오차보정계수를 이용하여 각 채널에 대한 신호의  $I/Q$  오차를 보정하는  $I/Q$  오차 보정단계; 및

상기  $I/Q$  오차가 보정된 각 채널 데이터와 상기 전달함수 추정값을 이용하여 전달함수 오차를 보정하는 전달함수 오차 보정단계를 포함한 것을 특징으로 하는 배열 수신부의 오차 보정방법.

##### 청구항 7.

제 6 항에 있어서, 상기 전달함수 추정단계는,  $I/Q$  오차가 보정된 각 채널에 대한 기준신호 측정 데이터의 공분산 행렬을 구하고, 상기 공분산 행렬의 가장 큰 고유값에 해당하는 고유벡터를 전달함수 추정값으로 채택하는 것을 특징으로 하는 배열 수신부의 오차 보정 방법.

청구항 8.

제 6 항에 있어서, 상기 전달함수 추정단계는,  $I/Q$  오차가 보정된 각 채널에 대한 기준신호 측정 데이터를 이산푸리에 변환하여 상기 기준신호의 주파수성분에 해당하는 계수를 상기 각 채널에 대해 구하고, 상기 각 채널의 계수의 상대적인 비율 전달함수 추정값으로 채택하는 것을 특징으로 하는 배열 수신부의 오차 보정방법.

청구항 9.

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서, 상기 추정된 전달함수를 실제 배열 안테나를 통하여 수신한 데이터에 적합하도록 교정하는 것을 특징으로 하는 배열 수신부의 오차 보정방법.

청구항 10.

제 6 항에 있어서, 상기 전달함수 오차 보정단계는  $I/Q$  오차가 보정된  $I, Q$  채널신호와 상기 전달함수의 역수를 복소수 곱하여, 전달함수 오차를 보정하는 것을 특징으로 하는 배열 수신부의 오차 보정방법.

청구항 11.

기지대역의 송신 기준신호를 발생하는 기준신호 발생수단과;

상기 고주파 송신 기준신호의 크기 및 위상특성을 측정하기 위하여 기저대역으로 변환하고 송신단 오차 보정계수를 추정하는 오차 보정용 주파수 하향변환수단;

상기 주파수 하향변환 장치에 의하여 하향변환된 기준 신호를 분석하여  $I/Q$ 오차 보정계수 및 전달함수 오차 보정계수를 추정하는 오차 보정계수 추정수단;

상기  $I/Q$ 오차 보정계수를 이용하여 각 채널의  $I/Q$  오차를 보정하는  $I/Q$ 오차 보정수단; 및

상기 전달함수 오차 보정계수를 이용하여 전달함수 오차를 보정하는 전달함수 오차 보정수단을 포함한 것을 특징으로 하는 배열 송신부의 오차 보정장치.

청구항 12.

제 11 항에 있어서, 상기 기준신호 발생수단의 기저대역 송신 기준신호는  $I, Q$  채널 신호의 크기가 서로 다르고  $+90^\circ$ 와  $-90^\circ$ 의 위상차를 가지는 두 개의 사인파 쌍인 것을 특징으로 하는 배열 송신부의 오차 보정장치.

청구항 13.

제 12 항에 있어서, 상기 기준신호 발생수단은 상기 2개의 기준신호를 발생하고, 상기 오차 보정용 주파수 하향변환수단은 상기 2개의 기준신호를 각각 푸리에 변환하여 각각의 기준신호에 대한 양의 주파수성분과 음의 주파수성분을 구하여 오차보정계수를 구하는 것을 특징으로 하는 배열 송신부의 오차 보정장치.

청구항 14.

제 11 항에 있어서, 상기 전달함수 추정수단에서 추정된 전달함수를 실제 배열 안테나로 송신하는 데이터에 적용 가능하도록 교정하는 것을 특징으로 하는 배열 송신부의 오차 보정장치.

청구항 15.

제 11 항에 있어서, 상기 전달함수 오차 보정수단은 기저대역 송신 기준신호와 상기 전달함수의 역수를 복소수 곱하여, 전달함수 오차를 보정하는 것을 특징으로 하는 배열 송신부의 오차 보정장치.

청구항 16.

기지대역의 송신 기준신호를 발생하는 기준신호 발생과정과;

상기 고주파 송신 기준신호의 크기 및 위상특성을 측정하기 위하여 기지대역으로 변환하고 송신단 오차보정계수를 추정하는 오차 보정용 주파수 하향변환과정;

상기 오차보정계수를 이용하여 전달함수 추정값을 구하는 전달함수 추정과정; 및

상기 기지대역 송신 기준신호의 전달함수 오차를 상기 전달함수를 이용하여 보정하는 전달함수 오차 보정과정을 포함한 것을 특징으로 하는 배열 송신부의 오차 보정방법.

청구항 17.

제 16 항에 있어서, 상기 기준신호 발생과정의 기지대역 송신 기준신호는 I, Q 채널의 크기가 서로 다르고 +90도와 -90도의 위상차를 가지는 2개의 사인파 쌍인 것을 특징으로 하는 배열 송신부의 오차 보정방법.

청구항 18.

제 17 항에 있어서, 상기 기준신호 발생과정은 상기 2개의 기준신호를 발생하고, 상기 오차 보정용 주파수 하향변환과정은 상기 2개의 기준신호를 각각 퓨리에 변환하여 각각의 기준신호에 대한 양의 주파수성분과 음의 주파수성분을 구하여 I/Q 오차보정계수와 전달함수 오차보정계수를 구하는 것을 특징으로 하는 배열 송신부의 오차 보정방법.

청구항 19.

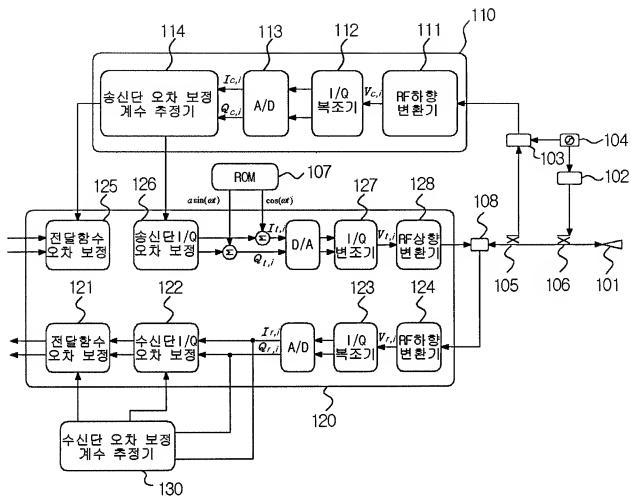
제 16 항에 있어서, 상기 전달함수 추정과정에서 추정된 전달함수를 실제 배열 안테나로 송신하는 데이터에 적용 가능하도록 교정하는 것을 특징으로 하는 배열 송신부의 오차 보정방법.

청구항 20.

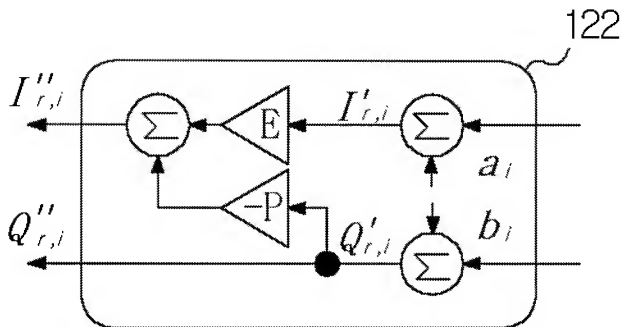
제 16 항에 있어서, 상기 전달함수 오차 보정과정은 기지대역 송신 데이터와 상기 전달함수의 역수를 복소수 곱하여, 전달함수 오차를 보정하는 것을 특징으로 하는 배열 송신부의 오차 보정방법.

도면

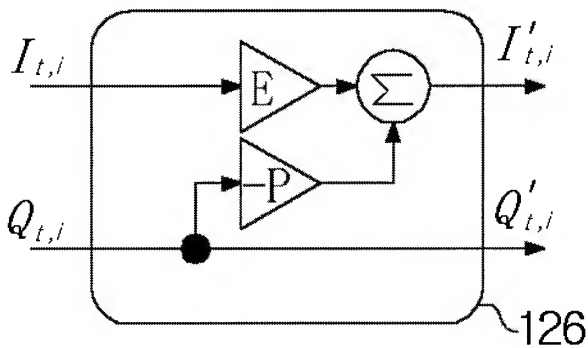
도면 1



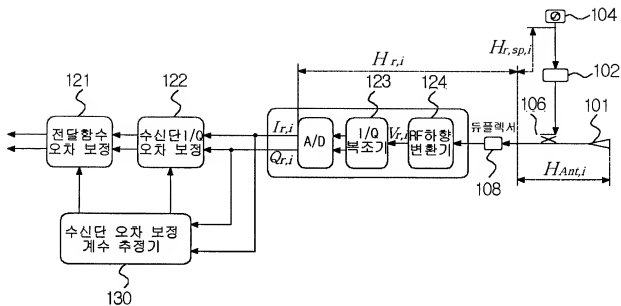
도면 2



도면 3



도면 4



도면 5

